



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Hà Nội, 12 - 11 - 2020

ERSD 2020



TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC ERSD 2020
KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC
TIỂU BAN TRẮC ĐỊA

TT	Tên bài	Trang
1.	Đánh giá độ chính xác và điều kiện ứng dụng các phương pháp đo định hướng mặt bằng qua giếng đứng có độ sâu lớn ở Việt Nam <i>Võ Ngọc Dũng, Nguyễn Tiến Dụng</i>	1
2.	Non-linear Filtering Algorithms for Kinematic Positioning on the Application of Maritime Navigation <i>Trung Dung Pham</i>	7
3.	Xử lý số liệu đo trong hệ thống tự động quan trắc biến dạng công trình <i>Nguyễn Hà, Trần Thùy Linh</i>	14
4.	Xử lý số liệu đo xa LASER vệ tinh nhằm xác thực lịch vệ tinh chính xác GNSS <i>Vy Quốc Hải, Dương Chí Công, Vy Thị Hồng Liên</i>	21
5.	Ứng dụng phương pháp lọc Kalman dự báo độ lún tuyến đập công trình thủy điện <i>Trần Khánh, Lê Đức Tình, Nguyễn Thị Kim Thanh</i>	28
6.	Ứng dụng ma trận hiệp trọng số đảo số hiệu chỉnh trị đo trong xử lý số liệu trắc địa <i>Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Thị Kim Thanh</i>	35
7.	Những thành tựu nghiên cứu trường trọng lực toàn cầu và khả năng ứng dụng ở Việt Nam <i>Nguyễn Văn Sáng, , Phạm Văn Tuyển, Nguyễn Thành Lê, Đinh Xuân Mạnh</i>	43

Những thành tựu nghiên cứu trường trọng lực toàn cầu và khả năng ứng dụng ở Việt Nam

Nguyễn Văn Sáng^{1,*}, Phạm Văn Tuyên², Nguyễn Thành Lê³, Đinh Xuân Mạnh⁴

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

² Công ty Cổ phần xi măng Tân Thắng, Việt Nam

³ Học viện kỹ thuật quân sự, Việt Nam

⁴ Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Việt Nam

TÓM TẮT

Mục đích của bài báo là đánh giá những thành tựu nghiên cứu về trường trọng lực toàn cầu trên thế giới và chỉ ra khả năng ứng dụng của chúng ở Việt Nam. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu trên thế giới từ năm 1966 đến nay; một số mô hình dị thường trọng lực toàn cầu trên biển được xây dựng từ số liệu đo cao vệ tinh; phương pháp tính toán các yếu tố của trường trọng lực từ các mô hình. Các mô hình này được so sánh với dữ liệu đo đạc trực tiếp ở Việt Nam. Từ đó, đánh giá độ chính xác của chúng. Kết quả đánh giá cho thấy: EGM2008, GEOCO, EIGEN-6C4, SGG-UGM-1 là các mô hình phù hợp với Việt Nam, độ chính xác của dị thường độ cao tương ứng là ± 0.292 m, ± 0.199 m, ± 0.193 m, ± 0.198 m; các mô hình dị thường trọng lực biển DTU10, DTU13, DTU15 có độ chính xác tương ứng trên biển Việt Nam là: ± 5.80 mGal, ± 5.73 mGal và ± 5.63 mGal. Từ những kết quả nghiên cứu này chỉ ra rằng có thể ứng dụng các mô hình trường trọng lực toàn cầu (GGMs) và các mô hình dị thường trọng lực biển nêu trên vào các nhiệm vụ trắc địa cao cấp (Geodesy), địa vật lý (Geophysics) và hải dương học (Oceanography) ở Việt Nam.

Từ khóa: Trường trọng lực toàn cầu; dị thường trọng lực; dị thường độ cao

1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu trường trọng lực toàn cầu là bài toán quan trọng của Trắc địa. Trong những năm qua, các nhà khoa học trắc địa trên thế giới đã đạt được những thành tựu lớn về lĩnh vực này. Từ năm 1966 đến nay, Trung tâm quốc tế về mô hình trái đất toàn cầu đã tập hợp và xây dựng được 175 mô hình trường trọng lực toàn cầu. Các mô hình này được xây dựng trên cơ sở sử dụng các số liệu quan trắc vệ tinh, số liệu đo trọng lực trực tiếp, số liệu đo cao vệ tinh. Độ chính xác của các mô hình tăng dần theo thời gian. Những mô hình đầu tiên sai tới ± 15 m, các mô hình gần đây có độ chính xác rất cao, sai lệch trung phương chỉ ở cỡ ± 2 dm (E. Sinem Ince và nnk, 2019).

Từ số liệu đo cao vệ tinh, các nhà khoa học cũng đã xây dựng được các mô hình dị thường trọng lực trên biển, điển hình như: mô hình DNSC08GRAV được xây dựng năm 2008 (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, Philippa A. M. Berry, 2010); mô hình DTU10GRAV năm 2010 (Andersen Ole Baltazar, 2010); mô hình DTU13GRAV năm 2013 (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2014); và mô hình DTU15GRAV năm 2015 (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2016). Các mô hình này đã được nhiều quốc gia sử dụng để nghiên cứu trên vùng biển của quốc gia mình.

Vấn đề đặt ra là các mô hình về trường trọng lực toàn cầu kể trên có phù hợp với Việt Nam không và khả năng ứng dụng ở Việt Nam là như thế nào? Bài báo tập trung đánh giá độ chính xác của các mô hình trường trọng lực toàn cầu bằng cách so sánh với số liệu đo trực tiếp ở Việt Nam từ đó đưa ra các kết luận về độ chính xác và khả năng ứng dụng.

* Tác giả liên hệ

Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Kết quả nghiên cứu xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu trên thế giới từ năm 1966 đến nay

Trọng lực là hợp lực của lực hấp dẫn và lực li tâm. Thế của trọng lực chính là thế trọng trường. Thế trọng trường của 1 điểm có tọa độ (x, y, z) là tổng hợp của thế hấp dẫn và thế li tâm và kí hiệu là $W(x, y, z)$, được biểu diễn bằng công thức (Bernhard Hofmann-Wellenhof and Helmut Moritz, 2006):

$$W(x, y, z) = V(x, y, z) + Q(x, y, z) = G \iiint_V \frac{\delta(a, b, c)}{r} dV + \frac{\omega^2}{2} (x^2 + y^2), \quad (1)$$

Trong đó: G là hằng số hấp dẫn; $\delta(a, b, c)$ là mật độ vật chất tại điểm có tọa độ (a, b, c) ; ω là tốc độ quay của Trái đất.

Như vậy, thế trọng trường của Trái đất phụ thuộc vào mật độ phân bố vật chất trong lòng Trái đất, kích thước và hình dạng của Trái đất, và tốc độ quay ngày đêm của Trái đất. Do mật độ vật chất không xác định được nên công thức trên chỉ có ý nghĩa lý thuyết, thực tế không tính được. Để khắc phục điều này, người ta đã triển khai thế trọng trường vào chuỗi hàm điều hòa cầu (Bernhard Hofmann-Wellenhof and Helmut Moritz, 2006):

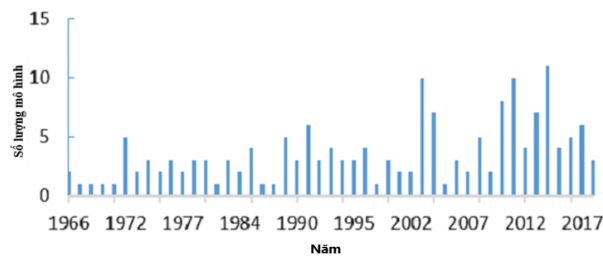
$$W(\rho, \theta, \lambda) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{\rho^{n+1}} [\sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\theta)] + \frac{\omega^2}{2} (x^2 + y^2), \quad (2)$$

Trong đó: C_{nm} , S_{nm} là các hệ số điều hòa cầu bậc n , hạng m ; $P_{nm}(\theta)$ là đa thức Legendre bậc n , hạng m .

Từ đây, các nhà khoa học trắc địa tìm cách xác định các hệ số C , S đến bậc và hạng n , m nào đó. Bậc, hạng càng cao thì mô hình càng gần với thế trọng trường thực. Ví dụ, mô hình EGM96 có bậc, hạng đến 360; mô hình EGM2008 có bậc, hạng đến 2190.

Năm 1997, Hiệp hội trắc địa quốc tế (International Association of Geodesy - IAG) ra nghị quyết số 1 về vấn đề nhu cầu truy cập thông tin trường trọng lực toàn cầu. Năm 2003, với sự hỗ trợ tài chính và lưu trữ của Trung tâm nghiên cứu khoa học trái đất của Đức (GFZ), Trung tâm quốc tế về mô hình trái đất toàn cầu (International Centre for Global Earth Models - ICGEM) đã được thành lập. ICGEM ban đầu được thành lập để thu thập các mô hình trường trọng lực toàn cầu tĩnh và cung cấp cho người dùng quyền truy cập dễ dàng vào các mô hình này. Hiện nay, ICGEM đã trở thành một trung tâm duy nhất có bộ sưu tập lớn nhất và đầy đủ nhất của các mô hình trường trọng lực tĩnh và động (E. Sinem Ince và nnk, 2019).

Các mô hình trường trọng lực tĩnh được phát triển bởi các tổ chức khác nhau từ năm 1966 đến nay đã lên đến 175 mô hình. Trên hình 1 biểu diễn số lượng các mô hình trường trọng lực toàn cầu được xây dựng theo năm (E. Sinem Ince và nnk, 2019). Ngoài số liệu đo trọng lực trực tiếp, số liệu đo cao vệ tinh thì các dữ liệu gradient trường trọng lực của các dự án CHAMP, GRACE, GOCE có vai trò quan trọng trong việc xây dựng các mô hình trường trọng lực toàn cầu. Các mô hình trường trọng lực toàn cầu có tính không đồng nhất về độ chính xác trên các vùng quốc gia khác nhau.



Hình 1. Các mô hình trường trọng lực toàn cầu từ năm 1966

Trên bảng 1 là thông tin về một số mô hình trường trọng lực toàn cầu (E. Sinem Ince và nnk, 2019).

Bảng 1. Thông tin một số mô hình trường trọng lực toàn cầu

Thứ tự mô hình	Tên mô hình	Năm	Nmax	Nguồn dữ liệu
175	GO_CONS_GCF_2_TIM_R6e	2019	300	G (Polar), S(Goce)
171	GO_CONS_GCF_2_TIM_R6	2019	300	S(GOCE)
167	SGG-UGM-1	2018	2159	EGM2008, S(GOCE)
165	IGGT_R1	2017	240	S(GOCE)
152	GECO	2015	2190	EGM2008, S(Goce)

148	EIGEN-6C4	2014	2190	A, G, S(Goce), S(Grace), S(Lageos)
105	EIGEN-5C	2008	360	A, G, S(Grace), S(Lageos)
104	EGM2008	2008	2190	A, G, S(Grace)
83	EIGEN-GRACE01S	2003	140	S(Grace)
80	EIGEN-1	2002	119	S(Champ)
72	EGM96	1996	360	A, EGM96S, G
1	SE1	1966	15	S

Trong Bảng 1, S là số liệu quan trắc vệ tinh (Satellite Tracking Data); G là số liệu trọng lực (Gravity Data); A là số liệu đo cao vệ tinh (Altimetry Data).

2.2. Một số mô hình dị thường trọng lực toàn cầu trên biển được xây dựng từ số liệu đo cao vệ tinh

Trên thế giới, từ số liệu đo cao vệ tinh, các mô hình dị thường trọng lực đã được xây dựng bởi các nhà khoa học Đan Mạch như: mô hình DNSC08GRAV được xây dựng năm 2008 (Andersen Ole Baltazar và nnk, 2010); mô hình DTU10GRAV năm 2010 (Andersen Ole Baltazar, 2010); mô hình DTU13GRAV năm 2013 (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2014); và mô hình DTU15GRAV năm 2015 (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2016):

- Mô hình DNSC08GRAV:

Năm 2008, Ole Baltazar Andersen và nhóm nghiên cứu đã sử dụng số liệu đo cao vệ tinh của các vệ tinh Geosat, ERS, T/P, Jason, Envisat, GFO và ICESat để xác định dị thường trọng lực biển và xây dựng mô hình trường trọng lực DNSC08GRA. Các tác giả đã sử dụng mô hình trọng lực Trái đất EGM2008 mô hình MDT toàn cầu và kỹ thuật bình sai giao cắt để loại bỏ độ cao địa hình mặt biển động học. Phần dư độ cao geoid được sử dụng để xác định phần dư dị thường trọng lực theo phương pháp Collocation. Độ chính xác của mô hình đánh giá theo độ lệch chuẩn đạt $\pm 3,91$ mGal (Andersen Ole Baltazar và nnk, 2010).

- Mô hình DTU10GRAV

Năm 2010, Ole Baltazar Andersen đã nâng cấp mô hình DNSC08GRAV thành DTU10GRAV bằng cách bổ sung những số liệu đo mới của ERS-2 và vệ tinh ENVISAT. Độ chính xác của mô hình đạt cao hơn, đánh giá theo độ lệch chuẩn đạt $\pm 3,82$ mGal (Andersen Ole Baltazar, 2010).

- Mô hình DTU13GRAV

Năm 2013, Ole Baltazar Andersen và các đồng nghiệp đã nâng cấp mô hình DNSC08GRAV và DTU10GRAV thành mô hình DTU13GRAV bằng cách sử dụng số liệu đo cao vệ tinh mới của vệ tinh CryoSat-2 và Jason-1. Số liệu vệ tinh CryoSat-2 bao phủ hầu hết khu vực Bắc Cực do đó, mô hình DTU13 có kết quả trên cả vùng này, điều mà các mô hình trước đó không có được. Ngoài ra, số liệu dùng để xác định DTU13 cũng có độ phân giải không gian cao hơn ($1^\circ \times 1^\circ$) (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2014).

- Mô hình DTU15GRAV

Năm 2015, các nhà khoa học của Trung tâm Vũ trụ quốc gia Đan Mạch (Danish National Space Center - DNSC) thuộc Trường Đại học tổng hợp Kỹ thuật Đan Mạch (Technical University of Denmark - DTU) đã xác định dị thường trọng lực trên các vùng cực và nâng cấp DTU13GRAV thành mô hình DTU15GRAV (Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2016). Mô hình này được cải thiện rất nhiều do có nhiều số liệu của vệ tinh Jason-1, và số liệu vệ tinh Cryosat-2. Những vệ tinh mới này cung cấp số trị đo độ cao bề mặt nhiều gấp ba lần so với trước đây. Dữ liệu mới này cải thiện đáng kể chất lượng của mô hình, đặc biệt là bước sóng ngắn hơn của trường trọng lực (10-20 km).

2.3. Phương pháp tính toán độ cao geoid và dị thường trọng lực từ các mô hình trường trọng lực toàn cầu

Tính độ cao Geoid:

Từ các hệ số điều hòa cầu C_{mn} , S_{mn} , độ cao geoid được tính bằng công thức (NIMA, 2000):

$$N_{EGM} = N_0 + \frac{GM}{\gamma \cdot r} \left[\sum_{n=2}^{N_{max}} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{n,m} \cos(m\lambda) + \bar{S}_{n,m} \sin(m\lambda)) \bar{P}_{n,m}(\sin \varphi) \right], \quad (3)$$

Trong đó: GM - hằng số trọng trường địa tâm; r - bán kính địa tâm của điểm xét; γ - gia tốc lực trọng trường chuẩn trên mặt ellipsoid; a - bán trục lớn của ellipsoid; φ, λ - vĩ độ và kinh độ địa tâm của điểm xét; $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ - hệ số điều hòa cầu chuẩn hóa đầy đủ bậc n, hạng m; $\bar{P}_{n,m}(\sin \varphi)$ - hàm Legendre kết hợp đã chuẩn hóa; N_0 - Đại lượng mức 0 (zero-degree term).

Tính dị thường trọng lực:

Từ các hệ số điều hòa cầu C_{mn}, S_{mn} , dị thường trọng lực được tính bằng công thức (NIMA, 2000):

$$\Delta g_{EGM} = \frac{GM}{r^2} \left[\sum_{n=2}^{N_{max}} \left(\frac{a}{r} \right)^n (n-1) \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{n,m} \cos(m\lambda) + \bar{S}_{n,m} \sin(m\lambda)) \bar{P}_{n,m}(\sin \varphi) \right], \quad (4)$$

2.4. Phương pháp tính dị thường trọng lực từ các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ đo cao vệ tinh

Mô hình dị thường trọng lực xác định từ đo cao vệ tinh được biểu diễn dạng lưới ô vuông. Các điểm mắt lưới ô vuông có tọa độ B, L và giá trị dị thường trọng lực. Giá trị dị thường trọng lực của điểm i bất kỳ được biểu diễn bởi công thức (Nguyễn Văn Sáng, 2020):

$$\Delta g_i = a + b.B_i + c.L_i \quad (5)$$

Trong đó: B_i, L_i là tọa độ trắc địa của điểm i; a, b, c là các tham số cần xác định.

Để xác định các tham số a, b, c cần có ít nhất 3 điểm đã có dị thường trọng lực gọi là điểm nút (chính là các điểm mắt lưới). Nếu số điểm nút là n nhiều hơn 3 điểm, các tham số này sẽ được xác định theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Khi đó, hệ phương trình số hiệu chỉnh có dạng:

$$v_i = a + b.B_i + c.L_i - \Delta g_i. \quad (6)$$

Giải hệ phương trình trên ta sẽ được các tham số a, b, c. Thay các tham số a, b, c vào công thức (5) ta sẽ xác định Δg_i của điểm cần tìm.

2.5. Số liệu đo đạc trực tiếp ở Việt Nam

- Số liệu đo trọng lực trực tiếp

Để đánh giá độ chính xác của các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ số liệu đo cao vệ tinh trên vùng biển Việt Nam, 58.989 điểm đo trọng lực trực tiếp bằng tàu trong phạm vi Vịnh Bắc bộ - Việt Nam đã được sử dụng. Số liệu này được đo bằng máy trọng lực biển ZLS Dynamic Meter D06 của hãng ZLS Corp Mỹ với độ chính xác của máy theo lý lịch là $\pm 1\text{mGal}$ (Phạm Văn Tuyên, Nguyễn Văn Sáng, 2018). Tọa độ của các điểm đo này được tính chuyển sang hệ tọa độ quốc tế WGS-84 để phù hợp với mô hình dị thường trọng lực toàn cầu.

- Số liệu GNSS-Thủy chuẩn:

Nguồn dữ liệu GPS -Thủy chuẩn gồm có 818 điểm đo, được phân bố đồng đều trên lãnh thổ Việt nam. Tại mỗi điểm đo nêu trên, đều có đo GPS để xác định tọa độ trắc địa (B, L) và độ cao trắc địa H_{GPS} thuộc hệ WGS-84, và có kết quả đo thủy chuẩn trong hệ thống độ cao quốc gia để tính ra giá trị độ cao chuẩn h_{TC} với điểm gốc độ cao lấy theo mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu - Hải Phòng (Nguyễn Văn Sang và nnk, 2020). Trên cơ sở đó ta có 818 giá trị dị thường độ cao được tính bằng biểu thức: $\zeta_{GPS-TC} = H_{GPS} - h_{TC}$. Các giá trị dị thường độ cao này được tính trong hệ triều không phụ thuộc.

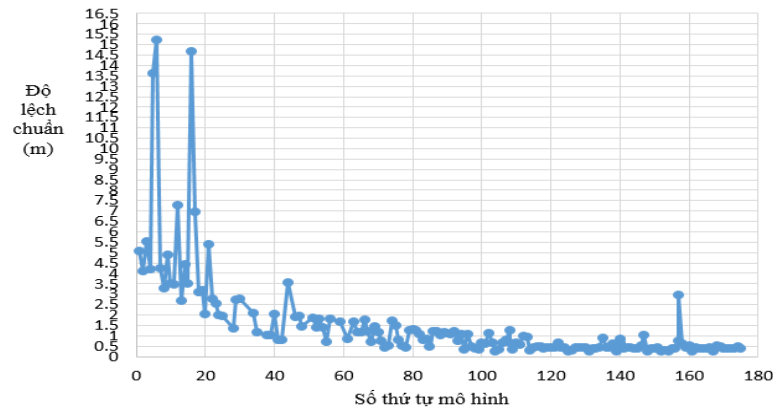
3. Kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình

3.1. Kết quả đánh giá độ chính xác các mô hình trường trọng lực toàn cầu

Các mô hình trường trọng lực toàn cầu được đánh giá độ chính xác bằng cách so sánh với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn của một số nước rồi tính ra độ lệch chuẩn. Trên hình 2 mô tả độ chính xác của các mô hình theo thời gian xây dựng, khi so sánh với 12036 điểm GNSS-thủy chuẩn. Từ kết quả so sánh này chọn ra được 4 mô hình phù hợp tốt nhất với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn (xem Bảng 2).

Bảng 2. Các mô hình trường trọng lực toàn cầu phù hợp tốt nhất với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn (E. Sinem Ince và nnk, 2019).

TT	Mô hình	N_{max}	Australia (201 điểm)	Brazil (1112 điểm)	Canada (2691 điểm)	Europe (1047 điểm)	Japan (816 điểm)	USA (6169 điểm)	Tổng (12036 điểm)
1	SGG-UGM-1	2159	0.217	0.446	0.130	0.121	0.076	0.245	0.235
2	GECO	2190	0.216	0.451	0.131	0.123	0.080	0.246	0.237
3	EIGEN-6C4	2190	0.212	0.446	0.126	0.121	0.079	0.247	0.236
4	EGM2008	2190	0.217	0.460	0.128	0.125	0.083	0.248	0.240



Hình 2. Độ chính xác của các mô hình trường trọng lực toàn cầu

Chúng tôi tiến hành so sánh 4 mô hình với 818 điểm GNSS-thủy chuẩn trên lãnh thổ Việt Nam. Kết quả thể hiện trên Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả so sánh 4 mô hình trường trọng lực toàn cầu với 818 điểm GNSS-thủy chuẩn

STT	Độ lệch (m)	SGG-UGM-1	EIGEN-6C4	GECO	EGM2008
1	Min	-0.202	+0.032	-0.035	-0.120
2	Max	+1.453	+1.453	+1.572	+1.688
3	Mean	+0.860	+0.901	+0.888	+0.815
4	Std. dev	± 0.198	± 0.193	± 0.199	± 0.292

Từ kết quả so sánh cho thấy: các mô hình SGG-UGM-1, EIGEN-6C4 và GECO rất phù hợp với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn trên lãnh thổ Việt Nam, độ lệch chuẩn dưới 2dm. Mô hình EGM2008 có độ phù hợp kém hơn, độ lệch chuẩn dưới 3dm. Chúng ta có thể lựa chọn các mô hình SGG-UGM-1, EIGEN-6C4 và GECO trong giải quyết các bài toán trắc địa cao cấp ở Việt Nam.

3.2. Kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu trên biển được xây dựng từ số liệu đo cao vệ tinh

Để đánh giá độ chính xác của các mô hình này, chúng tôi sử dụng 58.989 điểm đo trực tiếp vừa có dị thường trọng lực đo trực tiếp, vừa có dị thường trọng lực tính từ mô hình toàn cầu. Độ lệch và độ lệch chuẩn dị thường trọng lực được tính. Kết quả đánh giá 3 mô hình DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV được thể hiện tóm tắt trên Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả đánh giá độ chính xác dị thường trọng lực từ các mô hình

STT	Mô hình	Độ lệch lớn nhất, (mGal)	Độ lệch nhỏ nhất, (mGal)	Độ lệch trung bình, (mGal)	Độ lệch chuẩn, (mGal)
1	DTU10GRAV	40,02	-44,17	2,98	$\pm 5,80$
2	DTU13GRAV	40,16	-44,13	2,94	$\pm 5,73$
3	DTU15GRAV	40,30	-43,99	3,18	$\pm 5,63$

Kết quả so sánh cho thấy rằng: các độ lệch có giá trị lớn thì tần suất xuất hiện ít, các độ lệch có giá trị nhỏ thì tần suất xuất hiện nhiều. Đối với mô hình DTU10GRAV, số điểm có độ lệch lớn hơn 25 mGal chỉ có 8 điểm, số điểm có độ lệch nhỏ hơn -25 mGal chỉ có 4 điểm. Tương ứng đối với mô hình DTU13GRAV là 8 điểm và 6 điểm, đối với mô hình DTU15GRAV là 8 điểm và 4 điểm. Các mô hình trên có độ chính xác tương đương nhau. Độ lệch chuẩn khác nhau không nhiều, dao động từ $\pm 5,63$ đến $\pm 5,80$ mGal. Có thể sử dụng các mô hình này trong giải quyết các bài toán trắc địa cao cấp trên Biển Đông.

4. Kết luận

Bài báo đã trình bày các kết quả xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu từ năm 1966 đến nay; kết quả xây dựng mô hình dị thường trọng lực toàn cầu từ số liệu đo cao vệ tinh và trình bày cách tính dị thường trọng lực, độ cao geoid của các điểm bất kỳ từ các mô hình trên.

Kết quả đánh giá các mô hình trường trọng lực toàn cầu cho thấy: các mô hình SGG-UGM-1, EIGEN-6C4 và GECO rất phù hợp với số liệu đo GNSS-thủy chuẩn trên lãnh thổ Việt Nam, độ lệch chuẩn nhỏ hơn 2dm. Mô hình EGM2008 có độ phù hợp kém hơn, độ lệch chuẩn dưới 3dm.

Kết quả đánh giá mô hình dị thường trọng lực trên Biển Đông cho thấy: các mô hình DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV khá phù hợp với số liệu đo trọng lực trực tiếp. Độ lệch chuẩn tương ứng là $\pm 5,80$ mGal, $\pm 5,73$ mGal và $\pm 5,80$ mGal.

Tài liệu tham khảo

- Andersen Ole Baltazar, 2010. Marine Gravity and Geoid from Satellite Altimetry. *Geodetic Department, DTU - Space*, Juliane Maries Vej 30, DK - 2100, Denmark.
- Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2014. Global and arctic marine gravity field from recent satellite altimetry (DTU13). *76th EAGE Conference and Exhibition* <http://dx.doi.org/10.3997/2214-4609.20140897>.
- Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, Philippa A. M. Berry, 2010. The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry. *Journal of Geodesy*, Volume 84, Issue 3, pp.191-199, DOI 10.1007/s00190-009-0355-9, Springer.
- Andersen Ole Baltazar, Per Knudsen, 2016. Deriving the DTU15 Global high resolution marine gravity field from satellite altimetry. *ESA Living Planet Symposium 2016* - Prague, Czech Republic.
- Bernhard Hofmann-Wellenhof and Helmut Moritz, 2006. *Physical Geodesy*, Springer, New York.
- E. Sinem Ince, Franz Barthelmes, Sven Reißland, Kirsten Elger, Christoph Förste, Frank Flechtner and Harald Schuh, 2019. ICGEM - 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. *Earth Syst. Sci. Data*, 11, 647-674, 2019. <https://doi.org/10.5194/essd-11-647-2019>.
- NIMA, 2000. Department of Defense World Geodetic System 1984. National.
- Nguyễn Văn Sáng, 2020. Đánh giá độ chính xác của mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ đo cao vệ tinh trên Biển Đông. *Tạp chí Công nghiệp mỏ* (số 01, 2/2020, tr 65-68). Hội khoa học và Công nghệ mỏ Việt Nam, Hà Nội. ISSN: 0868 - 7052.
- Nguyen Van Sang, Pham Van Tuyen, Nguyen Van Lam, Ole Baltazar Andersen, Rene Forsberg, Bui Tien Dieu, 2020. Marine Gravity Anomaly Mapping for the Gulf of Tonkin area (Vietnam) using Cryosat-2 and Saral/AltiKa satellite altimetry data. *Advances in Space Research*. ISSN: 0273-1177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.04.051>.
- Phạm Văn Tuyên, Nguyễn Văn Sáng, 2018. Kết quả xác định dị thường trọng lực bằng số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 trên vùng biển Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa Chất* (tập 59, kỳ 2, tr 60 - 68), trường Đại học Mỏ - Địa Chất, Hà Nội. ISSN: 1859 - 1469.

Global gravity field research achievements and their applicability in Vietnam

Sang Van Nguyen¹, Tuyen Van Pham², Le Thanh Nguyen³, Manh Xuan Dinh⁴

¹ *Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam*

² *Tan Thang Cement Joint Stock Company, Vietnam*

³ *Military Technical Academy, Vietnam*

⁴ *Vietnam Institute of Geodesy and Cartography, Vietnam*

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate research achievements of global gravity fields in the world and show their applicability in Vietnam. The paper presents the research results of building a global gravity field model from 1966 to present; Some models of global gravity anomalies at sea were built from satellite measurements; method of calculating elements of gravity field from models. These models are compared to live measurement data in Vietnam. From there, assess their accuracy. The evaluation results show that: EGM2008, GECO, EIGEN-6C4, SGG-UGM-1 are suitable models for Vietnam, the accuracy of the corresponding height anomalies is ± 0.292 m, ± 0.199 m, ± 0.193 m, ± 0.198 m; The models of DTU10, DTU13 and DTU15 marine gravity anomalies with the corresponding accuracy in Vietnam sea are: ± 5.80 mGal, ± 5.73 mGal and ± 5.63 mGal. These research results show that it is possible to apply the global gravitational field models (GGMs) and the marine gravitational anomalies models to Geodesy, Geophysics and Oceanography in Vietnam.

Keywords: Global gravity field; gravity anomalies; height anomalies.

KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG



ISBN 9/8-604/62277-1



9 786047 622771

